

**MISSION
INNOVATION**

accelerating the clean energy revolution

POA MATERIALI AVANZATI PER L'ENERGIA**PROGETTO IEMAP - Piattaforma Italiana Accelerata per i Materiali per
l'Energia**

D3.1 - Prodotto software GUI per lancio del job

Alfonso Pozio



Report MI21-24/146

D3.1 - PRODOTTO SOFTWARE GUI PER LANCIO DEL JOB

Alfonso Pozio (ENEA)

Giugno 2022

Report MISSION INNOVATION

Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica - ENEA

Mission Innovation 2021-2024 - I annualità

Progetto: Piattaforma Accelerata per i Materiali per l'Energia

Work package: Materiali per Elettrolizzatori

Linea di attività: LA3.1, Sintesi di strutture composite: matrice polimerica/porosa + ionomero anionico, per elettrolizzatori AEM Responsabile del Progetto: Massimo Celino, ENEA

Responsabile della LA: Alfonso Pozio, ENEA

Indice

1	SOMMARIO	4
2	INTRODUZIONE	5
3	DESCRIZIONE DEL SOFTWARE DELL'INFRASTRUTTURA:	5
3.1	SOFTWARE STANDARD DELL'INFRASTRUTTURA A BORDO DELLA MACCHINA	5
3.2	SOFTWARE NON-STANDARD DELL'INFRASTRUTTURA A BORDO DELLA MACCHINA	9
3.2.1	<i>Movimento Z programmabile in 3-D.....</i>	9
3.2.2	<i>Implementazione di un "data logging" e "export function"</i>	9
3.2.3	<i>Implementazione di una logica "Programmable sequential multi-step recipe"</i>	10
3.2.4	<i>Implementazione di una funzione "Audit trail" e "Batch control"</i>	10
3.3	SOFTWARE DELL'INFRASTRUTTURA NON A BORDO DELLA MACCHINA.....	10
4	CONCLUSIONI.....	12
5	ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI	13

1 Sommario

Viene descritto il sistema software dell'infrastruttura, con i requisiti e l'architettura individuati da ENEA per integrare l'hardware (su base LE-100) e per consentirne il controllo da un PC remoto. Questo sistema offre tutto quanto necessario per effettuare un mirroring dell'interfaccia di controllo della macchina sul PC e per asservire la macchina a logiche di design top-down in cui i parametri di processo passati alla HMI sono i prodotti dei modelli previsionali sviluppati nella LA3.1.

Il sistema software si compone di 3 elementi:

- Un set di comandi/funzioni ritenute **standard** per sistemi commerciali di grado industriale di natura generalista (prendendo a parametro di riferimento la LE-100 di Bioinicia) ed installati a bordo della macchina di fabbricazione;
- Un set di comandi/funzioni ritenute **non-standard** per sistemi commerciali di grado industriale (prendendo a parametro di riferimento la LE-100 di Bioinicia) e da installare/implementare a bordo della macchina di fabbricazione ai fini del progetto;
- Un set di comandi/funzioni **per connessione remota ed interfacciamento** disponibili di norma per sistemi commerciali di grado industriale di natura specialistica e soggetti ad elevato grado di personalizzazione, mirando ad garantire come requisito minimo il "mirroring" su un PC.

2 Introduzione

Questo documento riporta i risultati della progettazione condotta dall'ENEA del sistema software dell'infrastruttura, evidenziando le caratteristiche della GUI e dei moduli software necessari ad accedere informaticamente all'ambiente di controllo SIEMENS selezionato da ENEA e utilizzato nell'hardware dell'infrastruttura multitecnologia selezionato da ENEA e basato sull'impianto di elettrofilatura FLUIDNATEK LE100 della Bioinicia SA (Spagna). L'ambiente software delle macchine industriali è normalmente "chiuso" ad opera del fabbricante, lasciando come "personalizzazione" la possibilità di "aprire la macchina" verso l'esterno via ethernet esclusivamente tramite web-API, webservice, macro. A tal fine si descrive il software standard atteso per l'infrastruttura BIOINCIA e la metodica di interfacciamento per controllarla da remoto e interfacciarla con i parametri di processo ottenuti dai modelli (LA3.1). Il documento offre quindi la specifica del software ed i modelli che lo comporranno. Il software effettivamente implementato ed installato sulla macchina verrà presentato al mese M24, al termine delle procedure di acquisizione e messa a punto. L'implementazione verrà conseguita assegnando un contratto di servizio nel corso del contratto del secondo anno.

3 Descrizione del Software dell'infrastruttura:

3.1 *Software standard dell'infrastruttura a bordo della macchina*

L'infrastruttura di fabbricazione multitecnologia (elettrofilatura/blowing/dipping) in via di acquisizione consisterà in una macchina simile a quella mostrata in Figura 1,a operante in modalità Roll2Roll.



Figura 1. a) Tipologia dell'infrastruttura di fabbricazione AEM basata su sistemi di elettrofilatura Bionicia ; b) sistema di controllo e morsettiere del PLC SIEMENS, inclusa scheda ethernet

Tutti i sensori e gli attuatori a bordo sono connessi ad un PLC SIEMENS organizzato secondo logica modulare con daisy-chain come in Figura 1b. Un modulo ethernet dovrà essere montato per consentire le normali manutenzioni e diagnostica ordinaria, oltre all'implementazione delle funzioni da remoto previste nel progetto.

La macchina verrà controllata tramite un'interfaccia touch-screen attraverso il quale l'utente può interagire con un software intuitivo per controllare tutti i parametri e funzionalità dell'apparecchiatura. Di solito questa è l'unica modalità di operazione di questa tipologia di macchinari. Da specifica ENEA, il software dovrà essere fornito con accesso amministratore e operatore, con livelli di privilegi ed informazioni protetti da password individuali. L'interfaccia software avrà una HMI (human-machine interface) standard in lingua inglese.

La HMI è costituita da una serie di schermate standard che consentono il settaggio dei livelli di controllo dei principali sistemi, tra i quali:

- attuatori lineari motorizzati degli emettitori
- attuatori rotanti motorizzati dei collettori (roll2roll)
- generatori di alta tensione
- pompe spingi siringa
- letture di umidità relativa (UR) e temperatura di processo (T) nella camera di processo
- sistema di estrazione onboard (legato a interlock di sicurezza in caso di sovrappressione)
- attuazione sistema di alta pressione per blowing , comandato da elettrovalvola (Figura 2)
- generatore ausiliario per “dummy collector” per protezione dei transistori (Figura 3)



Figura 2. Elettrovalvola aggiuntiva per implementazione spin-blowing da integrare nella HMI standard dell'infrastruttura



Figura 3. Esempio di danneggiamenti da dripping di un campione durante un transitorio dovuto allo spegnimento del generatore primario ed in assenza di dummy collector (cortesia della Nanofabersrl)

L'interfaccia base dovrà consentire l'attuazione indipendente dell'asse z per utilizzarlo in condizione off-design ai fini di realizzare la funzionalità di dipping. Il software dovrà prevedere una interfaccia di lancio rapido tramite gestione delle ricette per ciascun utente e prevedere tre (3) comandi principali per la gestione del Job programmato, come da seguente elenco e come raffigurato in Figura 4:

- PARK → manda l'emettitore in posizione HOME's (generatori eventualmente attivi non fermati e passaggio al sistema dummy per protezione del campione)
- GET READY → muove gli attuatori motorizzati nelle posizioni predefinite (in CONFIG), attiva le pompe spingi siringa e/o il flusso di gas ad alta pressione, accende eventualmente i generatori per stabilizzare il cono di Taylor in modalità electrospinning.
- LAUNCH → inizia la sessione o il modulo di un job, attivando movimentazione del collettore (e.g. roll2roll) secondo modalità GOTO o CYCLING.

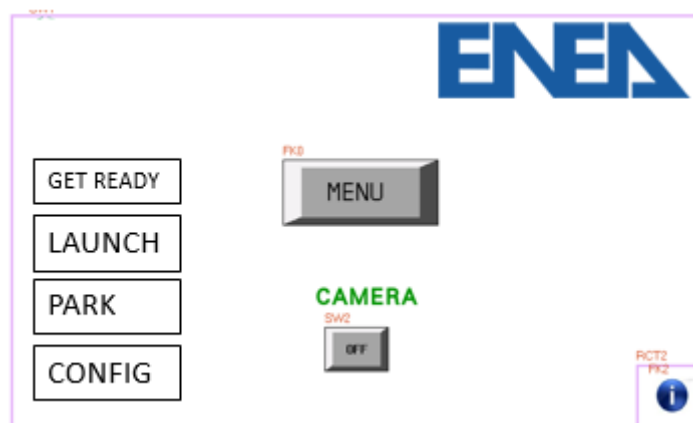


Figura 4. Interfaccia di configurazione e comando di lancio del Job

I dettagli ed i parametri del job devono essere impostabili da una funzione CONFIG associata ad una o più maschere HMI per impostazione dei parametri, simile a quella mostrata in Figura 5.

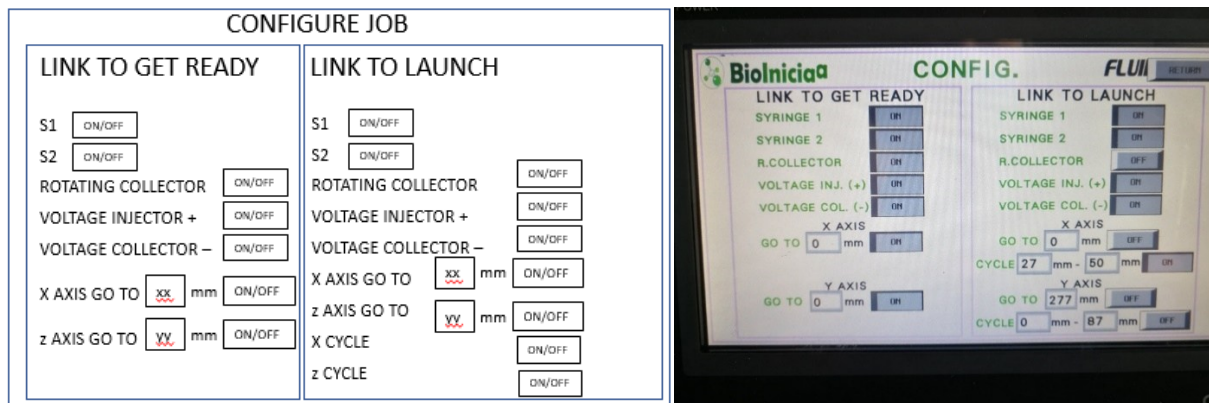


Figura 5.a) Interfaccia di configurazione e comando di lancio del Job; b) esempio di realizzazione dimostrativa “moke-up” del configuratore implementato cortesemente dalla ditta Nanofaber srl su una propria macchina di elettrofilatura.

Questo tipo di impostazione dell’interfaccia di comando dovrà essere implementato e già presente nell’impianto standard. La Figura 5 mostra anche un make-up realizzativo funzionante del “configuratore”. Nel caso delle piattaforme di Bioincia, il software standard è ampiamente personalizzabile ed è stato già verificato che è possibile accomodare le funzionalità di ENEA sopra descritto, senza la necessità di prevedere eccessive e onerose implementazioni personalizzate della HMI in forza della pluriennale esperienza di Bioincia in questo ambito. A titolo illustrativo si riporta un esempio di HMI personalizzata per un caso di una macchina FLUIDNATEK LE100 molto complessa e voltata al “manufacturing” già realizzata nel passato (2018), comprensiva anche di controllo ambientale e tracciato di controllo in linea .



Figura 5. Esempio di interfaccia di configurazione e comando personalizzata per una piattaforma Bioincia.

In particolare, le macchine Bioincia tipo LE-100 offrono una interfaccia HMI in versione avanzata e denominata “Multi-user level access with recipe database” che integra tutte le funzionalità menzionate. In particolare, la versione standard di detta HMI consente:

- i diversi livelli di accesso per gli operatori, per assicurare l'accesso al solo personale autorizzato per lavorare e modificare i parametri;
- Due livelli di utenti predefiniti: Administrator con pieni permessi (in grado di configurare i Jobs) e Basic Operator con possibilità di eseguire Job pre-impostato con "ricette" di parametri selezionabili da un database.

Quanto finora descritto è considerato standard da ENEA, nel senso che è atteso e obbligatoriamente richiesto dalle macchine di fabbricazione prese in esame e presenti sul mercato. Ricordando che l'infrastruttura per fabbricazione AEM è realizzata sulla base di un macchinario industriale di elettrofilatura, le funzionalità richieste sono comunemente disponibile sulla maggior parte delle macchine dei elettrofilatura "ad ago" (needle-based) e ne garantiscono la normale operatività. Tali requisiti sono dunque la parte imprescindibile del software dell'infrastruttura.

3.2 *Software non-standard dell'infrastruttura a bordo della macchina*

In aggiunta al software standard, verranno implementate una serie di migliorie software, come sotto specificato.

3.2.1 Movimento Z programmabile in 3-D

Il software a bordo della macchina verrà dotato di una Interfaccia aggiuntiva di programmazione per impostare traiettorie X-Y-Z generate dall'utente. Si tratta di una miglioria fattibile e tipicamente utilizzata per pilotare il solo emettitore. Per le finalità ENEA, questa funzione verrà utilizzata per realizzare la funzionalità di dipping on-board. La funzionalità verrà abilitata consentendo il caricamento di un file.csv via porte Ethernet per creare dei pattern di deposizione e movimentazione in un dominio spaziale X, Y, Z abilitato da hardware adeguato con range 0 mm-300 mm per ogni asse, con accuratezza di 1 mm e velocità di movimento 1 mm/s-250 mm/s. (NB: questa funzionalità richiede la licenza smart server di cui al 2.3)

3.2.2 Implementazione di un "data logging" e "export function"

Il software a bordo della macchina verrà dotato di una Interfaccia aggiuntiva per la registrazione di tutti i parametri di processo, rendendo possibile la creazione di un file *dump* e l'esportazione tramite USB drive. Il sampling rate richiesto di default sarà di circa 60 secondi a fronte di una capacità di storage di almeno 6 ore. La frequenza di campionamento è comunque impostabile per affinare il database per job più corti e di supporto all'R&D. Un esempio è mostrato in Figura 6.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Date & Time	Serie	R.COLON	R.COL.SPEEDSP(rpm)	R.COL.SPEEDPV(rpm)	L1On	L1D(mm)	L1QSP(ml/h_	L1QPV(ml/h_	L2On	L2D(mm)	L2QSP(ml/h_	L2QPV(ml/h_	HVNEG.On
2	10/03/2022 10:49	2021F033	False	0	0	False	12,45	3000	0	False	20	240	0	False
3	10/03/2022 10:49	2021F033	False	0	0	False	12,45	3000	0	False	20	240	0	False
4	10/03/2022 10:49	2021F033	False	0	0	False	12,45	3000	0	False	20	240	0	False
5	10/03/2022 10:49	2021F033	False	0	0	False	12,45	3000	0	False	20	240	0	False
6	10/03/2022 10:49	2021F033	False	0	0	False	12,45	3000	0	False	20	240	0	False
7	10/03/2022 10:49	2021F033	False	0	0	False	12,45	3000	0	False	20	240	0	False
8	10/03/2022 10:49	2021F033	False	0	0	False	12,45	3000	0	False	20	240	0	False
9	10/03/2022 10:49	2021F033	False	0	0	False	12,45	3000	0	False	20	240	0	False
10	10/03/2022 10:49	2021F033	False	0	0	False	12,45	3000	0	False	20	240	0	False
11	10/03/2022 10:49	2021F033	False	0	0	False	12,45	3000	0	False	20	240	0	False
12	10/03/2022 10:49	2021F033	False	0	0	False	12,45	3000	0	False	20	240	0	False
13	10/03/2022 10:49	2021F033	False	0	0	False	12,45	3000	0	False	20	240	0	False
14	10/03/2022 10:49	2021F033	False	0	0	False	12,45	3000	0	False	20	240	0	False
15	10/03/2022 10:49	2021F033	False	0	0	False	12,45	3000	0	False	20	240	0	False
16	10/03/2022 10:49	2021F033	False	0	0	False	12,45	3000	0	False	20	240	0	False
17	10/03/2022 10:49	2021F033	False	0	0	False	12,45	3000	0	False	20	240	0	False
18	10/03/2022 10:49	2021F033	False	0	0	False	12,45	3000	0	False	20	240	0	False
19	10/03/2022 10:49	2021F033	False	0	0	False	12,45	3000	0	False	20	240	0	False
20	10/03/2022 10:49	2021F033	False	0	0	False	12,45	3000	0	False	20	240	0	False
21	10/03/2022 10:49	2021F033	False	0	0	False	12,45	3000	0	False	20	240	0	False
22	10/03/2022 10:49	2021F033	False	0	0	False	12,45	3000	0	False	20	240	0	False
23	10/03/2022 10:49	2021F033	False	0	0	False	12,45	3000	0	False	20	240	0	False
24	10/03/2022 10:49	2021F033	False	0	0	False	12,45	3000	0	False	20	240	0	False
25	10/03/2022 10:49	2021F033	False	0	0	False	12,45	3000	0	False	20	240	0	False
26	10/03/2022 10:49	2021F033	False	0	0	False	12,45	3000	0	False	20	240	0	False
27	10/03/2022 10:49	2021F033	False	0	0	False	12,45	3000	0	False	20	240	0	False
28	10/03/2022 10:49	2021F033	False	0	0	False	12,45	3000	0	False	20	240	0	False
29	10/03/2022 10:49	2021F033	False	0	0	False	12,45	3000	0	False	20	240	0	False
30	10/03/2022 10:49	2021F033	False	0	0	False	12,45	3000	0	False	20	240	0	False
31	10/03/2022 10:49	2021F033	False	0	0	False	12,45	3000	0	False	20	240	0	False

Figura 6. Esempio di file cvs generato dal datalogger e importato in XLS (cortesia di Nanofabersrl).

3.2.3 Implementazione di una logica “Programmablesequential multi-steprecipe”

Il software a bordo della macchina verrà dotato di una Interfaccia aggiuntiva per la creazione di jobs multi-steps e multitecnologia. Avere una funziona integrata unitamente ad un database, consente di standardizzare il lavoro di sviluppo condotto per AEM e la facile interazione tra tutti gli utenti del team, aumentando considerevolmente la ripetibilità.

3.2.4 Implementazione di funzioni “Audit trail” e “Batch control”

Il software a bordo della macchina verrà dotato di una Interfaccia aggiuntiva per consentire alla LE-100 di creare log-interni per tutti gli eventi e le azioni durante la sessione. Di solito richiesta in ambienti di produzione fortemente regolati, questa funzione consente anche di tracciare eventi rilevanti durante lo sviluppo dei protocolli AEM previsti in ENEA. Inoltre, è un requisito dell’industria 4.0 e come tale ritenuto rilevante da ENEA per questa infrastruttura a carattere industriale. La funzione “batch control” secondo la medesima filosofia è finalizzata a creare un batch di lavoro univoco per identificare ogni job, evitando duplicati, sovrascritture. Questa funzione verrà raccordata con il data-logging function (saving process parameters) per registrar nel log anche il batch number associato al job.

3.3 Software dell’infrastruttura non a bordo della macchina

Il software descritto finora rappresenta il corredo di funzioni/moduli standard e non-standard che verranno installate a bordo della macchina di fabbricazione. L’infrastruttura ENEA però si compone di terminali e server distribuiti nella propria intranet (e potenzialmente anche fuori) che devono essere raggiunte dalla (o poter essere raggiunte dalla macchina Bioinicia).

A tal fine è necessario avere una interfaccia in grado di comandare la macchina da un server o postazione remoti e di inviare dati dalla macchina ad un server. E' stato scelto il sistema SIMATEC per windows della SIEMENS. Questo sistema, tramite una specifica licenza denominata "Sm@rt Server" da installare sul server o stazione di controllo dell'infrastruttura consente di dotarsi di un ambiente remoto avente una funzionalità di mirroring dell'ambiente installato sulla macchina , ovvero unaHMI personalizzata. Il focus del progetto sarà quello di avere almeno la funzione di "mirroring" o "HMI visualization" tramite SIMATIC WinCC per la visualizzazione ed il comando remoto della stazione di fabbricazione, consentendo il trasferimento del controllo del Job ad un utente remoto connesso direttamente al PLC tramite intranet. La funzionalità di "mirroring" consente:

1.1 replicare la HMI della macchina su un web server al quale un utente può accedere tramite un viewer

o editor SIEMENS;

1.2 garantire pieno accesso al controllo della macchina per visualizzare e controllare il job (come se l'utente remoto fosse dinanzi alla macchina operando da touch screen).

La fornitura riguarderà l'approvvigionamento di una licenza Sm@rt Server da installare su un server/PC disponibile in ENEA. Questo approccio consentirà all'infrastruttura di essere sufficientemente "aperta" per essere collegata a modelli matematici sviluppati nella LA3.1 e per garantire la pianificazione di attività di ricerca ed il raggiungimento di risultati in linea con la filosofia Industry 4.0. La Figure 7 illustra schematicamente due casi di utilizzo della licenza Sm@rt Server per interfacciare diverse macchine ad un server o avere un PC/laptop che comandi la macchina tramite "mirroring". In Figura 8 viene mostrato quello che verrà realizzato per cui l'infrastruttura ENEA interconetterà una macchina (con PLC), un PC/laptop per controllo remoto e per lancio di sessioni informate da modelli di LA3.1, un database su server per repository

L'applicazione HMI e la comunicazione con il controllore avvengono tramite il sistema HMI. IoSm@rtServer assicura che sempre solo un operatore, localmente sulla macchina o in remoto tramite Internet Explorer/Edge, possa intervenire attivamente sul processo.

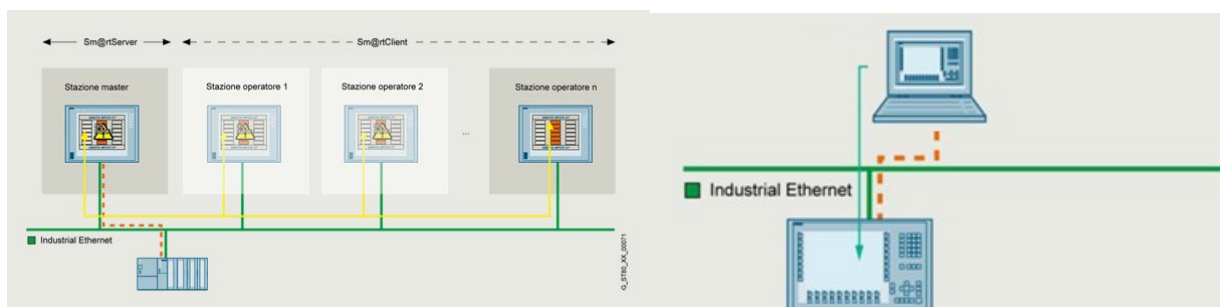


Figura 7.a) Schema di funzionamento di una subnet SIEMENS per controllare una o più stazioni operanti su PLC SIEMENS su rete (ref. <https://mall.industry.siemens.com>) ; b) mirroring di macchina PLC su PC/laptop

F

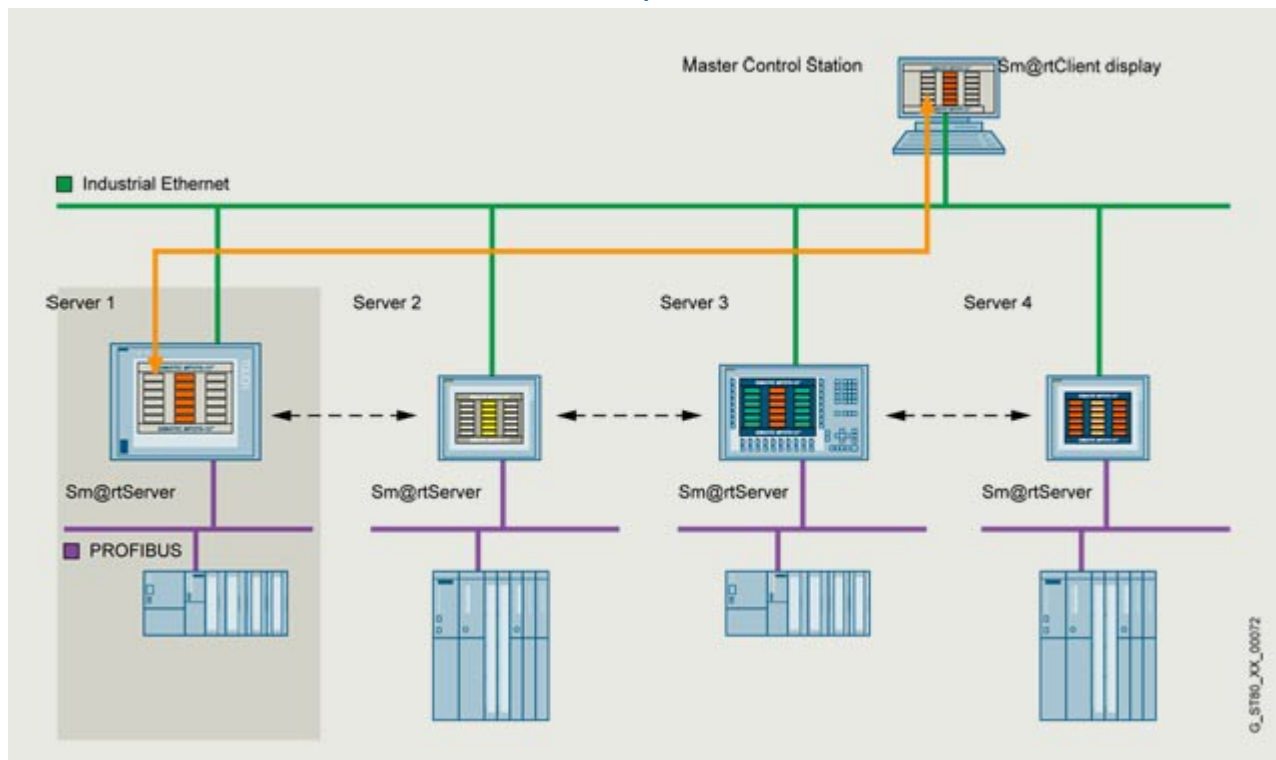


Figura 8. Schema di funzionamento di una subnet SIEMENS di cui in Figura 7, collegate ad una stazione di controllo Master da licenza sm@rt server, che è il caso dell'infrastruttura ENEA costituita da un solo modulo PLC collegato ad un database/server e ad un PC con funzionalità "mirroring" abilitata.

4 Conclusioni

L'infrastruttura ENEA per la prototipizzazione di membrane a scambio anionico AEM affianca ad un hardware performante e specialistico un sistema software altrettanto sofisticato e di grado industriale, correntemente usato nei sistemi industriali commerciali. Il sistema software si compone dunque di 3 elementi:

- Un set di comandi/funzioni ritenute **standard** per sistemi commerciali di grado industriale di natura generalista (prendendo a parametro di riferimento la LE-100 di Bioinicia) ed installati a bordo della macchina di fabbricazione;
- Un set di comandi/funzioni ritenute **non-standard** per sistemi commerciali di grado industriale (prendendo a parametro di riferimento la LE-100 di Bioinicia) ed a installare/implementare a bordo della macchina di fabbricazione ai fini del progetto;
- Un set di comandi/funzioni **per connessione remota ed interfacciamento** disponibili di norma per sistemi commerciali di grado industriale di natura specialistica e soggetti ad elevato grado di personalizzazione, mirando a garantire come requisito minimo il "mirroring" su un PC.

Per quest'ultimo elemento è stata selezionata una soluzione software della SIEMENS da affiancare alla macchina base costruita ed operante su hardware e PLC SIEMENS. Questa scelta garantisce di poter "aprire" la macchina nativa verso la intranet aziendale di ENEA e consentire le implementazioni di lavori informati dai modelli, che è uno degli obiettivi ultimi di IEMAP. La soluzione adottata di fatto consente di disporre di web_API di alto livello per un approccio user-friendly all'interfacciamento con l'hardware.

5 Abbreviazioni ed acronimi

HMI: human machine interface

PLC: controllore logico programmabile

WEB API: Application Programming Interface